

1. *Chlorophyll a* and *Chlorophyll b* were determined by the method of Arar and Collins (1971) using a Shimadzu 1601 UV-Visible Spectrophotometer. The concentration of chlorophyll was expressed in mg g⁻¹ of dry weight.

(43)Date of publication of application : 21.05.1996

H01L 21/68
H01L 21/31

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

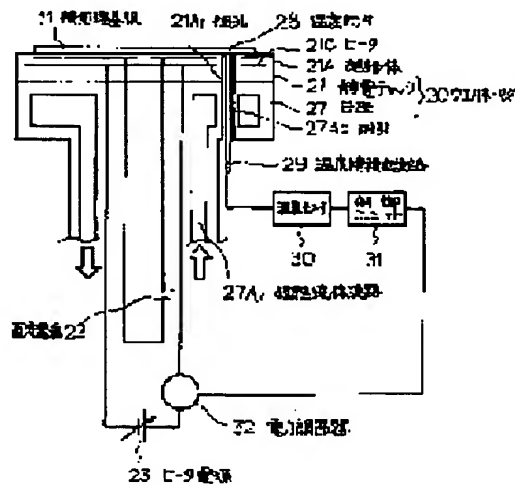
(72)Inventor : SAKAKIBARA YASUSHI

(54) PLASMA TREATMENT EQUIPMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain an equipment capable of making film quality uniform in the thickness direction at the time of film formation, regarding an ECR plasma treatment equipment having an RF power supply.

CONSTITUTION: A wafer holder 20 is constituted of an electrostatic chuck 21 including a heater 21C and a pedestal 27 which fixes the electrostatic chuck 21. Temperature of a wafer 11 is previously raised with the electrostatic chuck 21, and treatment is started at this temperature. In this treatment, the input electric power to the heater 21C is controlled while measuring wafer temperature. Thereby the temperature rise due to plasma incidence to the wafer 11 and the temperature of the electrostatic chuck 21 whose thermal capacity is small are decreased with excellent thermal response. Hence the wafer temperature is kept constant.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.10.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's withdrawal decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application] 31.08.2001

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空排気手段を接続する真空排気口と、マイクロ波を導入するためのマイクロ波透過窓と、ガス導入口とを備えた真空容器と、真空容器を包囲して真空容器内にマイクロ波との電子サイクロトロン共鳴領域を形成するソレノイドコイルと、真空容器内に位置して被処理基板を真空容器内に保持するウエハホルダに接続され被処理基板にRFバイアスを印加するRF電源とを備えてなり、真空容器内に処理用ガスを導入して被処理基板の表面に薄膜形成あるいは食刻等の処理を行うプラズマ処理装置において、ウエハホルダが、ヒータを内蔵した静電チャックと、静電チャックを固定する台座とからなり、処理中に、静電チャックに吸着、保持された被処理基板の温度を測定しつつ静電チャック内蔵のヒータに供給する電力を調節して被処理基板の温度を制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 請求項1に記載のものにおいて、ヒータ内蔵の静電チャックを固定する台座が媒熱流体の通流可能に形成され、処理中に媒熱流体を通流させて台座の温度を所望の温度に制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項3】 請求項1または2記載のものにおいて、静電チャックと台座とにそれぞれ、静電チャックを台座に固定したときに静電チャックと台座とを同軸に貫通する細孔が形成されるように細孔が形成され、処理時の被処理基板の温度測定が前記同軸の貫通孔に通した温度情報伝達路を介して行われることを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、半導体デバイスを製造するのに用いる装置として、真空排気手段を接続する真空排気口と、マイクロ波を導入するためのマイクロ波透過窓と、ガス導入口とを備えた真空容器と、真空容器を包囲して真空容器内にマイクロ波との電子サイクロトロン共鳴領域を形成するソレノイドコイルと、真空容器内に位置して被処理基板を真空容器内に保持するウエハホルダに接続され被処理基板にRFバイアスを印加するRF電源とを備えてなり、真空容器内に処理用ガスを導入して被処理基板の表面に薄膜形成あるいは食刻等の処理を行うプラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 上記構成によるプラズマ処理装置の従来の構成例を図4に示す。この例では、装置は、真空容器1と、真空容器1に結合されるマイクロ波導波管4と、真空容器1内の気密を保ちつつ図示されないマイクロ波発生電源からマイクロ波導波管4内を伝わってきたマイクロ波を真空容器1内へ透過させるマイクロ波透過窓3と、真空容器1内へ処理用ガスを導入するための配管5および6と、真空容器1内にECR（電子サイクロトロン共鳴）領域を形成するためのソレノイドコイル7と、

真空容器1内に位置して被処理基板（以下ウエハともいう）11を保持するウエハホルダ10と、ウエハホルダ10を介して被処理基板11にRFバイアスを印加するRF電源12とを主要構成要素として構成される。真空容器1は、ECR領域がマイクロ波透過窓3近傍に位置して配管5から導入されたプラズマ原料ガスをプラズマ化するプラズマ生成室1と、被処理基板11が置かれ配管6から導入された反応ガスをプラズマ生成室1Aから流出するプラズマで活性化させる反応室1Bとからなる。図において、符号2は、真空排気装置が接続される真空排気口を示し、また符号5a、6aは、それぞれ、プラズマ生成室1A、反応室1Bに接続される配管5および6の接続口を示す。また、反応室1B内に被処理基板11を保持するウエハホルダ10は、静電吸引力で被処理物を吸着、保持する静電チャック8と、静電チャック8が固定される台座9とで構成される。静電チャック8は、通常、円板状の絶縁体内に1対の板状あるいは箔状の電極を同一平面内に位置するように埋め込んでなり、両電極を図示されない直流電源に接続することにより、絶縁体表面に載置された被吸着物に静電吸引力を作用させ、被吸着物を絶縁体表面に吸着、保持する。また、台座9は、装置外部からの駆動操作により、真空容器1内の気密を保って軸方向に進退する。

【0003】 このように構成されるプラズマ処理装置で例えばウエハ11の表面に SiO_2 膜を形成する際には、配管5からプラズマ生成室1A内へ O_2 ガスを導入してマイクロ波透過窓3近傍に位置するECR領域を通過させ、ECR領域で高密度にプラズマ化された O_2 ガスを、ECR領域形成用ソレノイドコイル7が作る軸対称の磁界に沿って反応室1B内へ導き、配管6から反応室1B内へ導入された SiH_4 ガスを活性化させつつ、活性化された SiH_4 ガスとともにウエハ11の表面に到達させる。一方、ウエハ11には、RF電源12から静電チャック8の吸着用電極を介して高周波電圧が印加されており、ウエハ11の表面が対地負極性に帯電しているため、前記プラズマ中のイオンがウエハ11表面直前で加速され、ウエハ11表面に高速で衝突する一方、活性化した SiH_4 ガス分子にも高速で衝突して SiH_4 ガス分子を高速でウエハ11表面に衝突させつつ膜形成が行われる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 このように構成されるプラズマ処理装置では、真空容器内のガス圧力を低くしてガス分子の平均自由行程を大きくするために、プラズマ化されたガス分子の反応活性が大きく、またガスのプラズマ化のためにガスをECR領域内を通過させるため、プラズマ化が効率よく行われてプラズマ密度が高くなり、ウエハ表面の低温処理と高速処理とが同時に可能になる。また、プラズマ生成室で生成されたプラズマは

ウエハ面に垂直に進行し、かつウエハ表面にはRFバイアス印加により対地負極性の表面電位が生じているため、プラズマはウエハ面に垂直に入射し、ウエハ表面の反応がウエハ面に垂直に進行する。以上のことからサブミクロンレベルの微細構造半導体デバイスの製造には、この種のプラズマ処理装置が多用されるようになってきている。そして、低温、高速、異方性処理の可能な装置として、これらのすぐれた処理特性をエッチング処理のみならず、成膜処理にもより効果的に生かすことができるよう、膜形成時の膜質を、膜の厚み方向に均一にすることのできる装置とすることが要請されている。膜質はウエハ表面の温度によって変化するので、ウエハ表面の温度は処理中できるだけ一定に保たれることが望ましい。しかし、ウエハ表面には、上述のように、加速された高密度のプラズマが入射するため、成膜開始とともにウエハ表面の温度が上昇して行く。図3に、従来の装置で SiO_2 膜の成膜を行うときには基板温度と成膜速度とが成膜時間の経過とともにどのように変化して行くかを示す。成膜開始とともに基板温度はプラズマの入射により急速に上昇しはじめ、時間の経過とともに一定温度に近づく。また、成膜速度は基板温度の影響で時間とともに低下して行く。このように、従来の装置では、ウエハ表面の温度が時間の経過とともに大きく変化し、このため均一な膜質を得ることが困難であるという問題があった。

【0005】この問題を解決するために、例えば、ウエハホルダにアルミニウムなどの金属ブロックにヒータを埋め込んだものを用い、処理中にウエハ温度を測定しながらヒータ電力を調節してウエハ温度を一定に保つ方法が考えられる。しかし、このようなウエハホルダでは、熱容量が大きく、処理開始前にウエハ温度を上げておくためにヒータに供給していた電力を、処理開始と同時に供給停止しても、プラズマ入射による温度上昇が生じないほど急速にウエハホルダの温度が降下せず、ウエハ温度を一定に保持することは困難である。また、処理中にウエハ温度を一定に保つ別の方法として、プラズマ処理装置の反応室内に赤外線ランプを入れ、ウエハを上側から照射する方法が考えられる。この方法では、ウエハを載置する台座に熱絶縁体を用いることができ、応答性よくウエハ温度を一定に保つことができる。しかし赤外線ランプを反応室内に入れるために成膜処理時に赤外線ランプの表面にも膜物質が付着するため、頻繁なクリーニングを必要とし、実用面で適用が困難である。

【0006】本発明の目的は、装置本体の構成は同一でありながら、少なくとも処理中はウエハ表面の温度を一定に保つことのできるプラズマ処理装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明においては、本発明が対象とした、冒頭記載

の構成によるプラズマ処理装置を、請求項1に記載のごとく、ウエハホルダが、ヒータを内蔵した静電チャックと、静電チャックを固定する台座とからなり、処理中に、静電チャックに吸着、保持された被処理基板の温度を測定しつつ静電チャック内蔵のヒータに供給する電力を調節して被処理基板の温度を制御する装置とする。

【0008】この場合には、請求項2に記載のごとく、ヒータ内蔵の静電チャックを固定する台座が媒熱流体の通流可能に形成され、処理中に媒熱流体を通流させて台座の温度を所望の温度に制御するものとすればさらに好適である。そして、さらに、請求項3に記載のごとく、静電チャックと台座とにそれぞれ、静電チャックを台座に固定したときに静電チャックと台座とを同軸に貫通する細孔が形成されるように細孔が形成され、処理時の被処理基板の温度測定が前記同軸の貫通孔に通した温度情報伝達路を介して行われるものとすればさらに好適である。

【0009】

【作用】この発明は、静電チャックの熱容量が小さいことに着目したものである。従来用いられてきた静電チャックは、 Al_2O_3 等のセラミックス材料からなる絶縁板内に吸着用電極を埋め込んだものであるが、この埋込みは、 Al_2O_3 等のセラミックス材料の粉末に水を加えて0.5mm程度の厚みに練り延ばした円板に印刷により厚みが0.02mm程度の電極を形成し、この円板を、同様にして0.5mm程度の厚みに練り延ばした複数の円板を積層したブロックの上に印刷面が上面になるように乗せた後、さらに、同様にして形成した厚み約0.5mmの円板を電極が印刷された円板の上に乘せて加熱、一体化して行ったものであり、静電チャック全体の厚みが薄く、しかも Al_2O_3 は比熱が鋼の1.5倍程度と小さい。また、熱応答性に支配的役割を果たす熱伝導率は、同じく耐熱無機絶縁材である石英と比べると、ウエハの処理温度以下の温度領域で10倍以上、鋼と比べても鋼の約1/4と非常に大きい。したがって、前記静電チャックにおける円板ブロック内に、かつ吸着用電極に近接して印刷によりヒータを埋め込み、絶縁体の厚みを厚くしないようにすることにより、熱応答性の極めて良好な絶縁チャックとすることができる。したがって、静電チャックに埋め込むヒータの容量を、プラズマ入射による温度上昇分以上の温度上昇を与えることのできる容量として、プラズマ入射による温度上昇分に等しい温度上昇を処理前のウエハにさせておき、処理開始と同時に、請求項1に記載のごとく、ウエハ温度を測定しつつ、プラズマ入射の下でウエハ温度が処理開始時点の温度を維持するようにヒータに供給する電力を調節することにより、処理開始時点から処理終了時点まで一定温度で処理を行うことができる。

【0010】しかし、静電チャックの絶縁体は、絶縁体の熱容量を小さく保持するという制約の下では、許容容

積におのずから限界が生じ、絶縁体内に発生する熱ストレスの関係から、ヒータ容量にも許容限界が生じる。一方、プラズマ処理装置に投入されるマイクロ波電力は処理速度の向上による装置生産性向上の面から大きくなる方向に向かっており、プラズマ入射による温度上昇分以上の温度上昇を与えることのできる容量のヒータを埋め込むことができない場合が生じる。しかし、このような場合でも、もしも静電チャックを固定する台座が、請求項2に記載のごとく、媒熱流体の通流可能に形成されておれば、媒熱流体に冷媒を用い、その温度を、ヒータOFFによる静電チャックの温度降下の不足分に見合せて下げることで、ウエハ温度処理開始時点から処理終了時点まで一定に保持することができる。

【0011】ウエハ温度一定制御のために行うウエハ温度の測定で重要なことは、ウエハ温度に面分布がある場合、ウエハ面のどの点の温度で温度制御を行うかを明確にすることである。この要求は、温度センサとして、ウエハに直接接触させるものを用いるときに最もよく満足される。そこで、請求項3に記載のごとく、静電チャックと台座とにそれぞれ、静電チャックを台座に固定したときに静電チャックと台座とを同軸に貫通する細孔が形成されるように細孔が形成され、処理時の被処理基板の温度測定が前記同軸の貫通孔に通した温度情報伝達路を介して行われるようにすれば、測温点を明確にした温度制御が可能になる。

【0012】

【実施例】図1に本発明によるウエハホルダ構成の一実施例を示す。ウエハホルダ20は、ヒータ21Cを内蔵した静電チャック21と、静電チャック21を固定する台座27とで構成される。静電チャック21の絶縁体21Aの下面と台座27の上面とはいずれも平坦に仕上げられ、静電チャック21を台座27に固定したときに両面が全面密着して両面を介した熱伝達が全面均一に行われるようにしている。台座27は熱伝導性の良いアルミニウムで作られており、内部に媒熱流体流路27A₁が形成されている。被処理基板11の処理中は、図2に示すように、RF電源12から吸着用電極21B、21Bにコンデンサ24、24を介してRFバイアスが印加される。なお、図2の符号25は、RF電源12からの高周波電流が吸着用直流電源22に進入するのを阻止するためのリアクトルである。

【0013】図1に示したように、静電チャック21の絶縁体21Aと台座27とはそれぞれ細鋼21A₁、27A₂が形成されて同軸の貫通孔を形成し、被処理基板11の裏面上で細孔21A₁の位置に温度センサ28として蛍光体が貼着される。この蛍光体からは2本の光ファイバが温度情報伝達路29として導出され、細光21A₁、27A₂を通して温度モニタ30に接続される。上記蛍光体と光ファイバとからなる温度計測手段は蛍光式ファイバ温度計と呼ばれるもので、温度情報伝達

路に絶縁体である光ファイバを用いることにより、被処理基板11のRFバイアス電位に影響を与えない処理が可能になる。蛍光式ファイバ温度計は、蛍光体に入射した光の反射光の強度が温度により変化することを利用した温度計であり、温度モニタ30が内蔵するレーザから出た青色のレーザ光が蛍光体に入射し、強度の減衰した赤色の光が反射されて帰ってくるので、この強度変化

(減衰率)を検出して温度を知ることができる。この強度変化に見合った量の電気量が温度モニタ30から制御ユニット31に出力され、制御ユニット31から入力信号に見合った制御信号が電力調節器32に送られる。電力調節器32は例えばインバータとサイリスタとを内蔵した半導体電力調整器として構成され、サイリスタゲートのデューティ(ゲート開閉の全時間中に占めるゲート開の時間の割合)が制御される。

【0014】台座27には媒熱流体流路27A₁が形成されているが、静電チャック21のヒータ21Cの容量が充分大きく、処理開始とともに被処理基板11に入射するプラズマによる温度上昇分以上の温度上昇を被処理基板に与えることができる場合は、処理開始時点までに被処理基板の温度をプラズマ入射による温度上昇分をわずかに上まわる程度の温度に上げておき、この温度で処理を開始すれば、台座27に冷媒を通流させずとも、処理開始時点の温度を一定に維持した処理が可能になる。しかし、ヒータ21Cの容量が小さく、ヒータ21Cへの電力供給を断っても処理開始時点の温度が維持できず、基板温度が上昇するような場合には、図示しない媒熱流体温度制御手段により、流路27A₁中を通流させる冷媒の温度を下げて基板温度を一定に維持する。

【0015】

【発明の効果】本発明においては、本発明が対象とした、冒頭記載の構成によるプラズマ処理装置を、請求項1に記載のごとく、ウエハホルダが、ヒータを内蔵した静電チャックと、静電チャックを固定する台座とからなり、処理中に、静電チャックに吸着、保持された被処理基板の温度を測定しつつ静電チャック内蔵のヒータに供給する電力を調節して被処理基板の温度を制御するとともに、熱容量の小さい静電チャックを、発熱量が制御される発熱体としたので、熱応答性よく被処理基板の温度を一定の低温度に維持した処理が可能になり、膜質が厚み方向に均一な膜を高速に成長させることができる。

【0016】また、請求項2に記載のごとく、ヒータ内蔵の静電チャックを固定する台座が媒熱流体の通流可能に形成され、処理中に媒熱流体を通流させて台座の温度を所望の温度に制御可能なものとするにより、装置本体に投入するマイクロ波電力の増加による装置生産性の向上に対応して請求項1の効果を上げることのできる装置とすることができる。

【0017】また、請求項3に記載のごとく、静電チャックと台座とにそれぞれ、静電チャックを台座に固定し

たときに静電チャックと台座とを同軸に貫通する細孔が形成されるように細孔が形成され、処理時の被処理基板の温度測定が前記同軸の貫通孔に通した温度情報伝達路を介して行われるよにすることにより、ウエハの測温点が明確化されるので、ウエハ面に温度分布がある場合の温度一定制御を、ウエハ全体として最高の膜質が得られるように行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるウエハホルダ構成の一実施例を示す断面図

【図2】図1に示したウエハホルダに吸着、保持される被処理基板へのRFバイアス印加方法を示す回路図

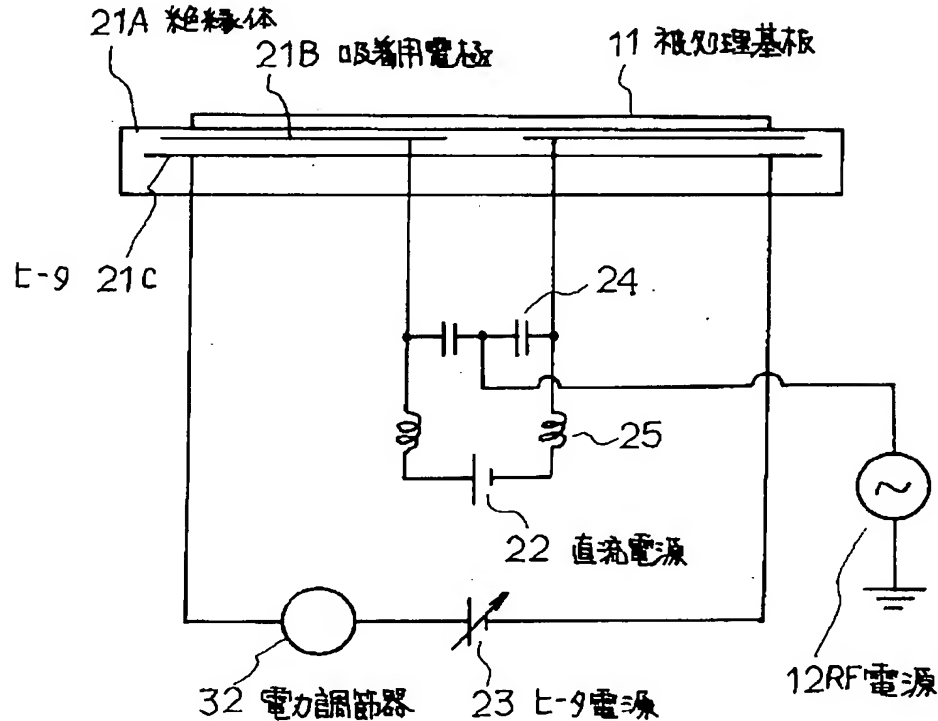
【図3】従来のウエハホルダを用いて成膜処理を行ったときの被処理基板温度と成膜速度との成膜時間依存性を示す線図

【図4】本発明が対象としたプラズマ処理装置の従来の構成例を示す断面図

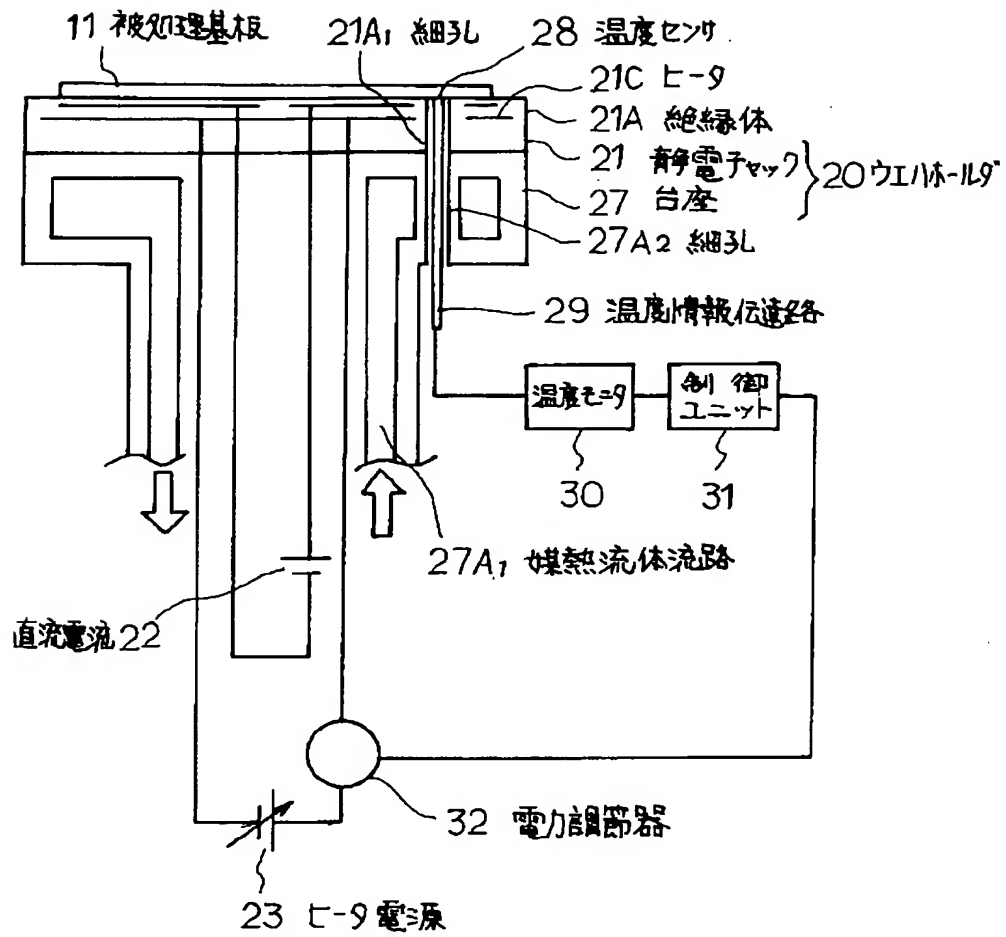
【符号の説明】

- | | | | |
|---|----------|-------------------|----------|
| 1 | 真空容器 | 4 | マイクロ波導波管 |
| 2 | 真空排気口 | 5 a | ガス導入口 |
| 3 | マイクロ波透過窓 | 6 a | ガス導入口 |
| | | 7 | ソレノイドコイル |
| | | 10 | ウエハホルダ |
| | | 11 | 被処理基板 |
| | | 12 | RF電源 |
| | | 21 | 静電チャック |
| | | 21 A | 絶縁体 |
| | | 21 A ₁ | 細孔 |
| | | 21 B | 吸着用電極 |
| | | 21 C | ヒータ |
| | | 27 | 台座 |
| | | 27 A ₁ | 媒熱流体流路 |
| | | 27 A ₂ | 細孔 |
| | | 28 | 温度センサ |
| | | 29 | 温度情報伝達路 |
| | | 30 | 温度モニタ |
| | | 31 | 制御ユニット |
| | | 32 | 電力調節器 |

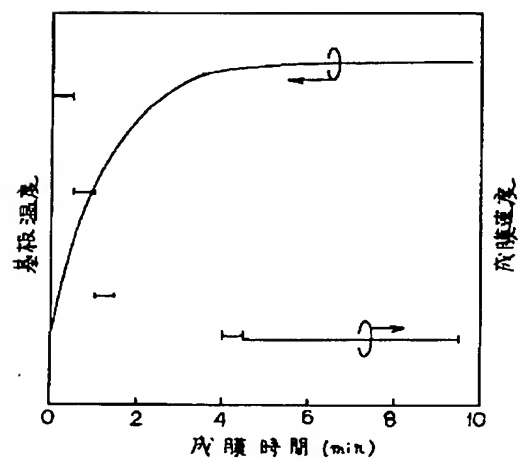
【図2】



【図1】



【図3】



【図4】

